

PowerXL™

DA1 Frequenzumrichter

Motordaten - Motorschutz - Kennlinien für Induktionsmotoren



Level 2	<p>1 – Fundamental – keine weiteren Kenntnisse nötig</p> <p>2 – Basic – Grundwissen empfehlenswert</p> <p>3 – Fortgeschritten – Grundwissen notwendig</p> <p>4 – Expert – Praxiserfahrung in dem Thema empfehlenswert</p>
---------	---

EATON
Powering Business Worldwide

Inhalt

1	Allgemeines	5
2	Steuerungsmodus (P4-01)	5
3	Motordaten	6
3.1	Motor-Nennspannung (P1-07)	7
3.2	Motor-Nennstrom (P1-08)	7
3.3	Motor-Nennfrequenz (P1-09)	7
3.4	Motor-Nennzahl (P1-10) (Umschaltung Hz → U/min, Schlupfkompensation)	8
4	Zusätzliche Einstellungen im Vektormodus	9
4.1	Motor CosPhi (P4-05)	9
4.2	Motor-Identifikation (P4-02)	9
5	Motorschutz	10
5.1	Thermischer Speicher Motor (P4-12)	11
6	U/f-Kennlinie	12
6.1	f-max (P1-01)	12
6.2	Energieoptimierung (P1-06)	12
6.3	Motor-Nennspannung (P1-07)	13
6.4	Motor-Nennfrequenz (P1-09)	13
7	Drehmomentverbesserung bei Drehzahlsteuerung (erweitertes U/f)	14
7.1	U-Boost (P1-11)	14
7.2	U-midU/f (P4-11) und f-midU/f (P4-10) Kennlinienanpassung	14
8	Drehmomentverbesserung bei Vektorregelung	15
8.1	Drehmomentanhebung (P7-14) und Drehmomentanhebung f-Grenze (P7-15)	15
9	Beispiele	16
9.1	Beispiel 1: Lineare U/f-Kennlinie	16
9.2	Beispiel 2: Lineare U/f-Kennlinie mit Spannungsanhebung (Drehzahlsteuerung)	16
9.3	Beispiel 3: Kennlinienanpassung (Drehzahlsteuerung)	17
9.4	Beispiel 4: Kennlinienanpassung mit Spannungsanhebung (Drehzahlsteuerung)	17
9.5	Beispiel 5: Energieoptimierung (automatische Kennlinienanpassung)	18
9.6	Beispiel 6: 87 Hz – Kennlinie	18

Gefahr! - Gefährliche elektrische Spannung!

- Gerät spannungsfrei schalten.
- Gegen Wiedereinschalten sichern.
- Spannungsfreiheit feststellen.
- Erden und kurzschließen.
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.
- Die für das Gerät angegebenen Montagehinweise (IL) sind zu beachten.
- Nur entsprechend qualifiziertes Personal gemäß EN 50110-1/-2 (VDE 0105 Teil 100) darf Eingriffe an diesem Gerät/System vornehmen.
- Achten Sie bei Installationsarbeiten darauf, dass Sie sich statisch entladen, bevor Sie das Gerät berühren.
- Die Funktionserde (FE, PES) muss an die Schutzterde (PE) oder den Potenzialausgleich angeschlossen werden.
- Die Ausführung dieser Verbindung liegt in der Verantwortung des Errichters.
- Anschluss- und Signalleitungen sind so zu installieren, dass induktive und kapazitive Einstreuungen keine Beeinträchtigung der Funktionen verursachen.
- Damit ein Leitungs- oder Aderbruch auf der Signalseite nicht zu undefinierten Zuständen führen kann, sind hard- und softwareseitig entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.
- Schwankungen bzw. Abweichungen der Netzspannung vom Nennwert dürfen die in den technischen Daten angegebenen Toleranzgrenzen nicht überschreiten, andernfalls sind Funktionsausfälle und Gefahrenzustände nicht auszuschließen.
- NOT-AUS-Einrichtungen nach IEC/EN 60204-1 müssen in allen Betriebsarten wirksam bleiben. Entriegeln der NOT-AUS-Einrichtungen darf keinen Wiederanlauf bewirken.
- Einbaugeräte für Gehäuse oder Schränke dürfen nur im eingebauten Zustand betrieben und bedient werden.
- An Orten, an denen auftretende Fehler Personen- oder Sachschäden verursachen können, müssen externe Vorkehrungen getroffen werden, die auch im Fehler- oder Störfall einen sicheren Betriebszustand gewährleisten beziehungsweise erzwingen (z. B. durch unabhängige Grenzwertschalter, mechanische Verriegelungen usw.).
- Während des Betriebs können Frequenzumrichter heiße Oberflächen besitzen.
- Das unzulässige Entfernen der erforderlichen Abdeckung, die unsachgemäße Installation und falsche Bedienung von Motor oder Frequenzumrichter, kann zum Ausfall des Geräts führen und schwerste gesundheitliche Schäden oder Materialschäden verursachen.
- Bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Frequenzumrichter sind die geltenden nationalen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. BGV A3) zu beachten.
- Die elektrische Installation ist nach den einschlägigen Vorschriften durchzuführen (z. B. Leitungsquerschnitte, Absicherungen, Schutzleiteranbindung).
- Alle Arbeiten zum Transport, zur Installation, zur Inbetriebnahme und zur Instandhaltung dürfen nur von qualifiziertem
- Fachpersonal durchgeführt werden (IEC 60364 bzw. HD 384 oder DIN VDE 0100 und nationale Unfallverhütungsvorschriften beachten).
- Anlagen, in die Frequenzumrichter eingebaut sind, müssen ggf. mit zusätzlichen Überwachungs- und Schutzeinrichtungen gemäß den jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen, z. B. Gesetz über technische Arbeitsmittel, Unfallverhütungsvorschriften usw. ausgerüstet werden.
- Während des Betriebs sind alle Abdeckungen und Türen geschlossen zu halten.
- Der Anwender muss in seiner Maschinenkonstruktion Maßnahmen berücksichtigen, die die Folgen bei Fehlfunktion oder Versagen des Frequenzumrichters (Erhöhung der Motordrehzahl oder plötzliches Stehenbleiben des Motors) begrenzen, so dass keine Gefahren für Personen oder Sachen verursacht werden können, z. B.: – Weitere unabhängige Einrichtungen zur Überwachung sicherheitsrelevanter Größen (Drehzahl, Verfahrweg, Endlagen usw.). Elektrische oder nichtelektrische Schutzeinrichtungen (Verriegelungen oder mechanische Sperren) systemumfassende Maßnahmen. Nach dem Trennen der Frequenzumrichter von der Versorgungsspannung dürfen spannungsführende Geräteteile und Leistungsanschlüsse wegen möglicherweise aufgeladener Kondensatoren nicht sofort berührt werden. Hierzu sind die entsprechenden Hinweisschilder auf dem Frequenzumrichter zu beachten.

Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung

Die Informationen, Empfehlungen, Beschreibungen und Sicherheitshinweise in diesem Dokument basieren auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Eaton Corp. Und berücksichtigen möglicherweise nicht alle Eventualitäten.

Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an ein Verkaufsbüro von Eaton. Der Verkauf der in diesen Unterlagen dargestellten Produkte erfolgt zu den Bedingungen und Konditionen, die in den entsprechenden Verkaufsrichtlinien von Eaton oder sonstigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen Eaton und dem Käufer enthalten sind. Es existieren keine Abreden, Vereinbarungen, Gewährleistungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich einer Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck oder der Marktgängigkeit, außer soweit in einem bestehenden Vertrag zwischen den Parteien ausdrücklich vereinbart. Jeder solche Vertrag stellt die Verpflichtung von Eaton abschließend dar.

Der Inhalt dieses Dokumentes wird weder Bestandteil eines Vertrages zwischen den Parteien noch führt er zu dessen Änderung. Eaton übernimmt gegenüber dem Käufer oder Nutzer in keinem Fall eine vertragliche, deliktische (einschließlich Fahrlässigkeit), verschuldensunabhängige oder sonstige Haftung für außergewöhnliche, indirekte oder mittelbare Schäden, Folgeschäden bzw. –verluste irgendeiner Art – unter anderem einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schäden an bzw. Nutzungsausfälle von Geräten, Anlagen oder Stromanlagen, von Vermögensschäden, Stromausfällen, Zusatzkosten in Verbindung mit der Nutzung bestehender Stromanlagen, oder Schadensersatzforderungen gegenüber dem Käufer oder Nutzer durch deren Kunden – infolge der Verwendung der hierin enthaltenen Informationen, Empfehlungen und Beschreibungen. Wir behalten uns Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen vor. Fotos und Abbildungen dienen lediglich als Hinweis und begründen keine Verpflichtung oder Haftung seitens Eaton.

1 Allgemeines

Die Geräte der Reihe **PowerXL™ DA1** sind Frequenzumrichter zum Anschluss von Drehstrommotoren. Werkseitig sind sie so konfiguriert, dass Induktionsmotoren der entsprechenden Leistungsklasse ohne Veränderung der Einstellung betrieben werden können. Viele Standardfälle können damit abgedeckt werden.

In manchen Applikationen gibt es jedoch Anforderungen, die eine Anpassung über Parameter erforderlich machen. In dieser Application Note werden folgende Aspekte betrachtet:

- Vorwahl des Steuerungsmodus
- Anpassung an den angeschlossenen Motor
- Schlupfkompensation
- Motorschutz
- Einstellung der U/f-Kennlinie
- Energieoptimierung

2 Steuerungsmodus (P4-01)

Dieser Parameter passt das Gerät an die Art des angeschlossenen Motors an und bestimmt das Steuerverfahren (z.B. U/f oder Vektorregelung). Die in dieser Application Note gemachten Angaben sind für Induktionsmotoren gültig und beziehen sich auf die Einstellungen P4-01 = 0, 1 und 2.

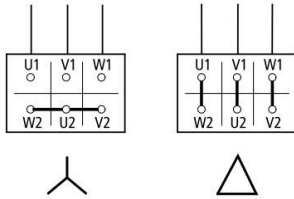
Angaben für einen Betrieb mit Permanentmagnet-Motoren (PM-Motoren) finden Sie in der Application Note AP040051DE.

Im Auslieferungszustand ist das Gerät für einen erweiterten U/f-Betrieb (P4-01 = 2) eingestellt. Diese Vorwahl ist für einfache Applikationen gedacht. Bei der Drehzahl- bzw. Drehmomentregelung im Vektormodus (P4-01 = 0 bzw. 1) wird eine höhere Genauigkeit und ein besseres Drehmomentverhalten erzielt. Damit das interne Motormodell die für den Motor optimalen Werte errechnen kann, werden zusätzliche Motordaten benötigt. Bei P4-05 ist der Leistungsfaktor anzugeben ($\cos \varphi$). Die restlichen erforderlichen Parameter werden durch Autotuning ermittelt (P4-02 = Motor-Identifikation). Weitere Angaben siehe weiter unten.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
255.0	P4-01	Steuerungsmodus	0: Drehzahlregelung mit Drehmomentbegrenzung (Vektor) 1: Drehmomentregelung mit Drehzahlbegrenzung (Vektor) 2: Drehzahlsteuerung (erweitertes U/f) 3: PM Motor Drehzahlregelung 4: PM Motor Drehmomentregelung 5: Brushless DC Motor Drehzahlregelung 6: Synchronous Reluctance Motor Drehzahlregelung	2

3 Motordaten

Voraussetzung für einen ordnungsgemäßen Betrieb ist der richtige Anschluss (Stern / Dreieck) des Drehstrommotors an die Ausgangsklemmen des Gerätes. Maßgebend ist die Spannung, für die die Wicklungen ausgelegt sind.

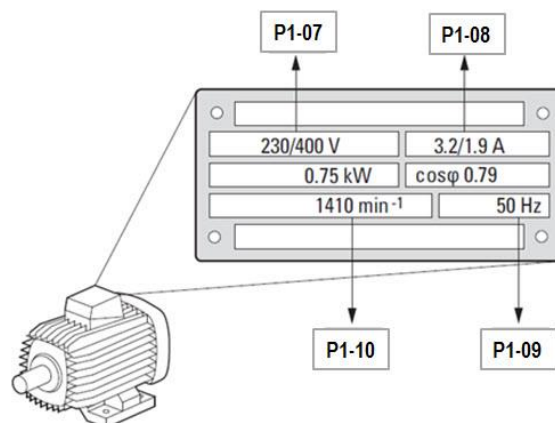


Gerät	Ausgangsspannung	Motor	Schaltungsart
DA1-12...	3 x 230 V	230 / 400 V	Dreieck
DA1-32...	3 x 230 V	230 / 400 V	Dreieck
DA1-34...	3 x 400 V	230 / 400 V	Stern
		400 / 660 V	Dreieck
DA1-34...	3 x 400 V	230 / 400 V	Dreieck
Sonderfall: 87 Hz-Kennlinie (siehe Beispiel 6 weiter unten)			

Eine Anpassung an die Daten des angeschlossenen Motors kann mit folgenden Parametern vorgenommen werden:

- P1-07 Motor-Nennspannung
- P1-08 Motor-Nennstrom
- P1-09 Motor-Nennfrequenz
- P1-10 Motor-Nenndrehzahl
- P4-05 Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) (nur im Vektormodus P4-01 = 0 oder 1 erforderlich)

Die entsprechenden Werte können dem Typenschild des Motors oder dem Datenblatt des Motorherstellers entnommen werden. Sie dienen der Einstellung des Motorschutzes, und definieren die U/f-Kennlinie.



3.1 Motor-Nennspannung (P1-07)

Motor-Nennspannung (Typenschild-Angabe) unter Berücksichtigung der Schaltungsart (Stern / Dreieck). Dieser Wert definiert die maximale Ausgangsspannung des Frequenzumrichters. Ist die Ausgangsfrequenz höher als die Nennfrequenz des Motors (P1-09), bleibt die Ausgangsspannung auf dem mit P1-07 eingestellten Wert. Siehe hierzu auch den Abschnitt „U/f-Kennlinie“.

Die Geräte der Reihe DA1 besitzen eine Spannungskompensation. Das heißt, dass eventuelle Netzspannungsschwankungen ausgeglichen werden, um die Ausgangsspannung des Frequenzumrichters auf dem entsprechenden Wert zu halten. Mit P1-07 = 0, ist die Spannungskompensation ausgeschaltet. Die max. Ausgangsspannung des Gerätes entspricht dann der eingangsseitig angeschlossenen Netzspannung.

In Ausnahmefällen ist eine abweichende Einstellung von P1-07 erforderlich. Siehe hierzu den Abschnitt „87 Hz-Kennlinie“

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
211.0	P1-07	Motor Nennspannung	0 / 20 V ... U_e	U_e

U_e = Bemessungsspannung des Gerätes, z.B. 230 V oder 400 V, je nach Gerätetyp

3.2 Motor-Nennstrom (P1-08)

Parameter P1-08 „Motor-Nennstrom“ ist werkseitig auf den Bemessungsstrom I_e des Frequenzumrichters eingestellt. Er dient gleichzeitig als Einstellwert für den thermischen Schutz des Motors. Siehe auch den Abschnitt „Motorschutz“. Hat der Motor einen abweichenden Nennstrom, so ist dieser mit P1-08 einzustellen, um einen Motorschutz zu gewährleisten.

Es ist zu beachten, dass der Strom eingestellt wird, der auch der Schaltungsart zugeordnet ist. Im oberen Beispiel ist dies 3,2 A bei 230 V (Dreieck) bzw. 1,9 A bei 400 V (Stern).

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
210.0	P1-08	Motor Nennstrom	$0.25 \cdot I_e$... I_e	I_e

I_e = Bemessungsstrom des Gerätes

3.3 Motor-Nennfrequenz (P1-09)

Werkseitig ist dieser Parameter auf den Wert der Netzfrequenz (50 Hz in Europa, 60 Hz in USA) eingestellt und braucht somit auch in den meisten Fällen nicht verändert zu werden.

Werden Motoren angeschlossen, deren Frequenz von der Netzfrequenz abweicht (z.B. 200 Hz für schnell laufende Motoren), oder wird die 87 Hz-Kennlinie (siehe Abschnitt weiter unten) benutzt, ist der Einstellwert entsprechend anzupassen.

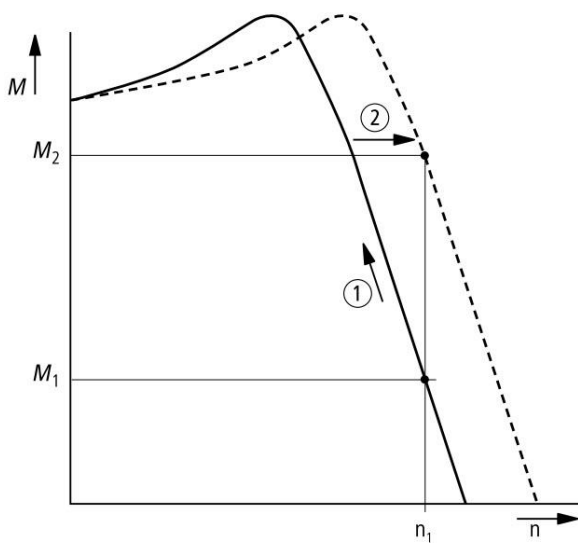
PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
216.0	P1-09	Motor Nennfrequenz	25 ... 500 Hz	50 Hz bzw. 60 Hz

3.4 Motor-Nenn Drehzahl (P1-10) (Umschaltung Hz → U/min, Schlupfkompensation)

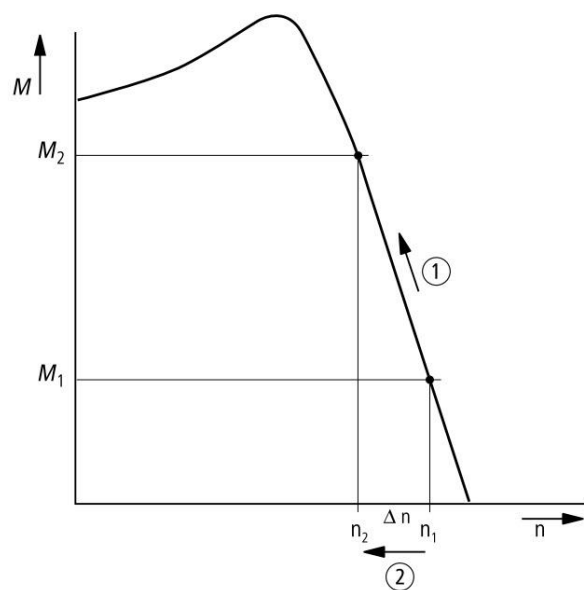
P1-10 = 0: Eingabe / Anzeige der Ausgangsfrequenz in Hz

P1-10 > 0: die auf die Drehzahl bezogenen Parameter (P1-01, P1-02, P2-01...P2-08, P4-10 ...) werden in U/min angezeigt.

Bei der Drehzahlsteuerung (erweiterter U/f-Modus, P4-01 = 2) wird darüber hinaus die Schlupfkompensation aktiviert, die dafür sorgt, dass die Motordrehzahl auch bei Lastungsänderungen konstant bleibt. Entspricht der für P1-10 eingegebene Wert einer Synchrondrehzahl (z.B. 3000 U/min bei einem 2-poligen Motor bei 50 Hz) wird die Drehzahl in U/min angezeigt, jedoch keine Schlupfkompensation aktiviert.



mit Schlupfkompensation



ohne Schlupfkompensation

Als Schlupf bezeichnet man die Differenz zwischen der synchronen Drehzahl aufgrund des Drehfeldes und der tatsächlichen Drehzahl des Motors. Das Typenschild im Beispiel auf Seite 6 zeigt eine Nenn Drehzahl von 1410 U/min. Es gehört also zu einer 4-poligen Maschine, deren synchrone Drehzahl 1500 U/min beträgt. Zwischen Leerlauf und Nennlast gibt es also einen Schlupf von 90 U/min. Bei Betrieb an einem Frequenzumrichter möchte man diese lastabhängige Änderung der Drehzahl vermeiden und den Schlupf kompensieren.

Mit Schlupfkompensation: bei Lasterhöhung ① werden Spannung und Frequenz entsprechend erhöht ②. Die Drehzahl n_1 bleibt konstant. Bei Entlastung werden Spannung und Frequenz reduziert.

Ohne Schlupfkompensation: bei Belastung ① sinkt die Drehzahl von n_1 auf n_2 ②, bei Entlastung steigt sie wieder

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
217.0	P1-10	Motor Nenn Drehzahl	0 / 200 ... 30000 U/min	0 U/min

4 Zusätzliche Einstellungen im Vektormodus

Bei der Drehzahl- bzw. Drehmomentregelung im Vektormodus (P4-01 = 0 bzw. 1) wird eine höhere Genauigkeit und ein besseres Drehmomentverhalten erzielt. Damit das interne Motormodell die für den Motor optimalen Werte errechnen kann, werden zusätzliche Motordaten benötigt. Bei P4-05 ist der Leistungsfaktor anzugeben ($\cos \varphi$). Die restlichen erforderlichen Parameter werden durch Autotuning ermittelt (P4-02 = Motor-Identifikation). Detailliertere Angaben zur Vektorregelung siehe AP040028DE „Vektorregelung von Induktionsmotoren“.

4.1 Motor CosPhi (P4-05)

Im Vektormodus (P4-01 = 0 bzw. 1) ist der auf dem Typenschild des Motor ersichtliche Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) einzugeben.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
215.0	P4-05	Motor CosPhi	0.5 ... 0.99	f (I _e)

f (I_e) = abhängig vom Bemessungsstrom des Gerätes

4.2 Motor-Identifikation (P4-02)

Diese Funktion MUSS im Vektorbetrieb (P4-01 = 0 oder 1) ausgeführt werden, damit die für ein optimales Verhalten des Motors erforderlichen Parameter automatisch ermittelt werden können.

Sie KANN auch bei der Drehzahlsteuerung zum automatischen Ermitteln des Wertes für die Spannungsanhebung (P1-11 = U-Boost) genutzt werden.

ACHTUNG: Die Daten eines Motors (z.B. der Widerstand) ändern sich mit der Temperatur. Die Motoridentifikation ist daher bei warmem Motor durchzuführen.

Vorgehensweise:

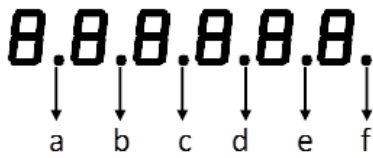
- Echtzeit-Bearbeitungsmodus einer eventuell angeschlossenen DrivesConnect Software deaktivieren. Besser: Stecker an der RJ45-Buchse für die Dauer der Motor-Identifikation ziehen.
- DA1 darf nicht freigegeben sein (kein START-Befehl); STO-Signal (Safe Torque OFF) an den Klemmen 13 und 14 muss vorhanden sein.
- Parameter P4-02 vorwählen
- **OK** drücken
- Es wird **0** angezeigt
- Wert auf **1** stellen
- **OK** betätigen → Die Identifikation startet automatisch, Anzeige: **Auto-t** bzw. **Auto-tuning** (OLED-display)
- Danach wird der Wert automatisch wieder auf **0** gesetzt. Anzeige: **STOP**
- Das Gerät hat nun die erforderlichen Parameter ermittelt.

Hinweis: Die Motor-Identifikation muss immer am Gerät selbst durchgeführt werden. Es ist NICHT möglich, sie über die Parametrier-Software DrivesConnect zu aktivieren. Die Motorparameter P1-07, P1-08, P1-09 und P4-05 müssen vor der Durchführung der Motor-Identifikation eingegeben sein.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
340.0	P4-02	Motor-Identifikation	0 = AUS 1 = EIN	0

5 Motorschutz

Die Frequenzumrichter der Reihe DA1 besitzen eine interne Motorschutzfunktion, die bei Überlast nach einer bestimmten Zeit abschaltet. Es erfolgt eine Fehlermeldung „**IL-L-EP**“. Die Überlast bezieht sich hierbei auf den mit P1-08 eingestellten Motor-Nennstrom.



Wenn der Ausgangsstrom des Gerätes den mit P1-08 „Motor Nennstrom“ eingestellten Wert überschreitet, wird dies an der Bedieneinheit angezeigt.

7-Segment LED-Anzeige:

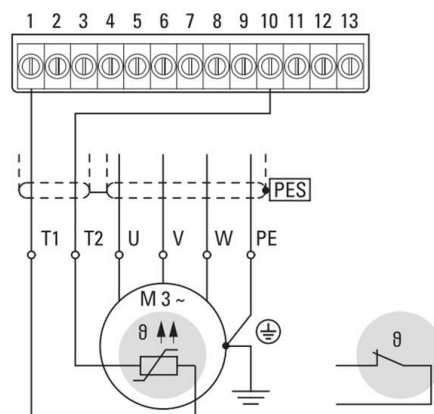
die Punkte a...f blinken

O-LED-Display:

der Text „O-L“ wird angezeigt

Es ist zu beachten, dass hierbei, wie auch bei einem Motorschutzrelais, der Motorstrom dazu verwendet wird, auf die Temperatur im Motor zu schließen. Diese Art der „indirekten Temperaturmessung“ ist zwar in vielen Fällen ausreichend, berücksichtigt aber nicht die tatsächlichen Kühlverhältnisse am Motor. Bei drehzahlgeregelten Antrieben ist besonders darauf zu achten, dass die Kühlung des Motors über ein Lüfterrad erfolgt, das auf der Motorwelle montiert ist. Daher lässt bei kleineren Drehzahlen die Lüfterleistung (= Kühlung) nach. Erfahrungswerte zeigen, dass dies zwischen 40 und 100 % der Drehzahl meist unkritisch ist, darunter aber zu Problemen führen kann, wenn auch in diesem Bereich die Applikation das volle Drehmoment benötigt und damit die volle Verlustleistung im Motor produziert wird. Bei Strömungsmaschinen, die ein mit der Drehzahl quadratisch ansteigendes Drehmoment haben, ist dies unkritisch.

Bei stationärem Betrieb nahe Nennlast unterhalb von 40 % der Nenndrehzahl wird daher empfohlen, Motoren mit Temperaturfühlern (Thermistor bzw. Thermokontakte) zu verwenden, die Informationen über die tatsächliche Motortemperatur geben. Sowohl Thermistoren als auch Thermokontakt können direkt an das Gerät DA1 angeschlossen werden.



Parameter P1-13 ist dabei so einzustellen, dass Klemme 10 (DI5 / AI2) die Funktion „externer Fehler“ (EXTFLT) hat. Bei ordnungsgemäßen Betrieb hat Klemme 10 High-Signal. Im Fehlerfall muss der Thermokontakt öffnen bzw. die Thermistoren müssen hochohmig werden. Abschaltung erfolgt bei einem Widerstand der Thermistoren von $\geq 2.5 \text{ k}\Omega$, Reset kann bei Werten $\leq 1.9 \text{ k}\Omega$ erfolgen.

ACHTUNG: Die Frequenzumrichter der Reihe DA1 entsprechen der Norm IEC / EN 61800-5-1, die zwischen Netzstromkreisen und Stromkreisen mit niedriger Spannung eine verstärkte Isolierung fordert. Innerhalb der Frequenzumrichter besteht diese Trennung zwischen dem Leistungsteil und den Steuerklemmen. Beim Anschluss von Temperaturfühlern im Motor an DA1 ist darauf zu achten, dass

diese Fühler gegenüber der Motorwicklung verstärkt isoliert sind, da ansonsten das Isolationssystem an dieser Stelle geschwächt wird!

Beim Anschluss von mehreren Motoren parallel am Umrichter Ausgang ist für jeden einzelnen Motor ein externer Motorschutz vorzusehen.

5.1 Thermischer Speicher Motor (P4-12)

Die Frequenzumrichter der Reihe DA1 berechnet das thermische Abbild des Motors aufgrund des Stroms. Ist die Funktion „thermischer Speicher Motor“ (P4-12) eingeschaltet, wird der berechnete Wert beim Abschalten der Versorgungsspannung automatisch gespeichert. Der gespeicherte Wert wird beim Wiedereinschalten genutzt. Ist diese Funktion ausgeschaltet, wird das „thermische Gedächtnis“ beim Wiedereinschalten auf Null gesetzt.

Hinweis: Das thermische Gedächtnis ist auch dann aktiv, wenn der Frequenzumrichter an Spannung liegt, jedoch kein START-Befehl vorhanden ist. Dadurch wird ein mögliches Abkühlen des Motors in dieser Phase berücksichtigt.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
682.0	P4-12	Thermischer Speicher Motor	0 = AUS 1 = EIN	0 = AUS

Werden Frequenzumrichter DA1 im Geltungsbereich von UL betrieben, so ist aufgrund von Vorschriften der thermische Speicher einzuschalten (P4-12 = 1).

6 U/f-Kennlinie

Die U/f-Kennlinie bestimmt die Magnetisierung des Motors. Im einfachsten Fall ist sie linear (entspricht der Werkseinstellung). Das heißt, dass bei Nennspannung die Nennfrequenz vorhanden ist und z.B. bei halber Spannung auch nur die halbe Frequenz. Dies reicht in vielen Fällen aus. Es gibt jedoch auch Situationen, in denen man die Kennlinie den entsprechenden Anforderungen der Applikation anpassen muss, vorwiegend in den Fällen, in denen die max. Drehzahl größer als die Nenn-drehzahl des Motors ist, bzw. wo im unteren Drehzahlbereich bereits ein hohes Moment gefordert ist.

Folgende Parameter nehmen Einfluss auf die U/f-Kennlinie

- P1-01 f-max
- P1-06 Energieoptimierung
- P1-07 Motor-Nennspannung
- P1-09 Motor-Nennfrequenz
- Bei Drehzahlsteuerung (erweiterter U/f-Modus) (P4-01 = 2):
 - P1-11 U-Boost
 - P4-11 U-midU/f
 - P4-10 f-midU/f
- Bei Vektorbetrieb (P4-01 = 0 oder 1):
 - P7-14 Drehmomentanhebung
 - P7-15 Drehmomentanhebung f-Grenze

6.1 f-max (P1-01)

Bestimmt die max. Ausgangsfrequenz des Gerätes. Üblicherweise entspricht diese der mit P1-09 eingestellten Motor-Nennfrequenz. Ist P1-01 größer als P1-09, bleibt im Bereich oberhalb von P1-07 die Ausgangsspannung konstant.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
20.1	P1-01	f-max	f-min ... 5 · P1-09	50 Hz bzw. 60 Hz

6.2 Energieoptimierung (P1-06)

Die Funktion „Energieoptimierung“ bewirkt eine automatische Anpassung der U/f-Kennlinie an die Last. Ziel ist es, die Verluste im Frequenzumrichter und im Motor durch Absenken der Spannung zu reduzieren.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
626.1	P1-06	Energieoptimierung	0 = AUS 1 = EIN	0 = AUS

Hinweis: Diese Funktion ist nur wirksam bei Drehzahlregelung mit Drehmomentbegrenzung (Vektor, P4-01 = 0) und bei Drehzahlsteuerung (erweitertes U/f, P4-01 = 2).

6.3 Motor-Nennspannung (P1-07)

Dieser Wert definiert die maximale Ausgangsspannung des Frequenzumrichters. Ist die Ausgangsfrequenz höher als die Nennfrequenz des Motors (P1-09), bleibt die Ausgangsspannung auf dem mit P1-07 eingestellten Wert.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
211.0	P1-07	Motor Nennspannung	0 / 20 V ... U_e	U_e

U_e = Bemessungsspannung des Gerätes, z.B. 230 V oder 400 V, je nach Gerätetyp

6.4 Motor-Nennfrequenz (P1-09)

Dieser Wert definiert den Punkt, an dem die maximale Ausgangsspannung des Gerätes erreicht wird (Eckfrequenz).

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
216.0	P1-09	Motor Nennfrequenz	10 ... 500 Hz	50 Hz bzw. 60 Hz

7 Drehmomentverbesserung bei Drehzahlsteuerung (erweitertes U/f)

Hinweis: Die folgenden Parameter sind nur bei Drehzahlsteuerung (erweitertes U/f, P4-01 = 2) wirksam:

- P1-11 U-Boost
- P4-11 U-midU/f
- P4-10 f-midU/f

7.1 U-Boost (P1-11)

Spannungsanhebung im unteren Frequenzbereich, um den internen Spannungsabfall im Motor zu kompensieren. Dies bewirkt ein besseres Drehmomentverhalten im unteren Frequenzbereich. Zu hohe Werte können zu einer erhöhten Erwärmung des Motors führen.

Bei P1-11 = Auto, wird der bei einem Identifikationslauf ermittelte Wert übernommen. Handhabung siehe weiter oben „Motor-Identifikation“.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
27.0	P1-11	U-Boost	FS2: 0 ... 30 % U _e FS3: 0 ... 20 % U _e FS4: 0 ... 20 % U _e FS5: 0 ... 20 % U _e FS6: 0 ... 15 % U _e FS7: 0 ... 15 % U _e FS8: 0 ... 10 % U _e	f (FS)*

f (FS) = Abhängig von der Baugröße des Gerätes

7.2 U-midU/f (P4-11) und f-midU/f (P4-10) Kennlinienanpassung

Die normalerweise lineare U/f-Kennlinie kann mit den Parametern P4-11 und P4-10 verändert werden. Durch diese Parameter wird ein Knickpunkt in der Kennlinie definiert (siehe Beispiel unten). Dabei definiert P4-11 den Spannungswert und P4-10 die Frequenz, bei der der Knick erfolgt.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
24.1	P4-11	U-midU/f	0.0 ... 100.0 % P1-07	0.0 %
23.1	P4-10	f-midU/f	0.0 ... 100.0 % P1-09	0.0 %

8 Drehmomentverbesserung bei Vektorregelung

Hinweis: Die folgenden Parameter sind nur bei Vektorregelung (P4-01 = 0 oder 1) wirksam:

- P7-14 Drehmomentanhebung
- P7-15 Drehmomentanhebung f-Grenze

8.1 Drehmomentanhebung (P7-14) und Drehmomentanhebung f-Grenze (P7-15)

Hierbei wird ein mit P7-14 vorzugebender Strom (in Prozent des Motor-Nennstroms P1-08) in den Motor injiziert. Dabei definiert P7-15 die Frequenz (in Prozent der Motor-Nennfrequenz P1-09), bis zu der diese Funktion wirksam ist. Ziel ist es, die Rundlaufeigenschaften und das Drehmomentverhalten im unteren Frequenzbereich zu verbessern.

PNU	Parameter	Name	Wertebereich	Werk
32.0	P7-14	Drehmomentanhebung	0.0 ... 100.0 % P1-08	0.0 %
33.0	P7-15	Drehmomentanhebung f-Grenze	0.0 ... 100.0 % P1-09	0.0 %

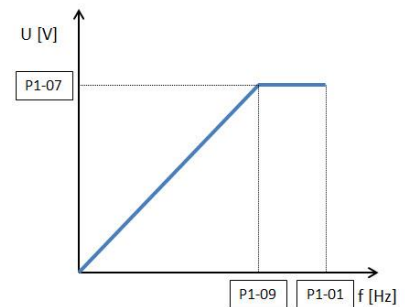
Einstellung von P7-14:

- Motor bei der niedrigsten Drehzahl, die für die Anwendung erforderlich ist, betreiben.
- Wert von P7-14 erhöhen, bis sowohl das erforderliche Drehmoment vorhanden ist, als auch ein gleichmäßiger Betrieb des Motors.

9 Beispiele

9.1 Beispiel 1: Lineare U/f-Kennlinie

Die Ausgangsspannung steigt linear mit der Frequenz von Null bis auf den mit P1-07 eingestellten Wert, den sie bei der mit P1-09 eingestellten Frequenz erreicht. Wird die Frequenz über P1-09 hinaus erhöht, bleibt die Spannung konstant. In den meisten Anwendungsfällen entspricht die max. Frequenz (P1-01) der Motor-Nennfrequenz (P1-09).

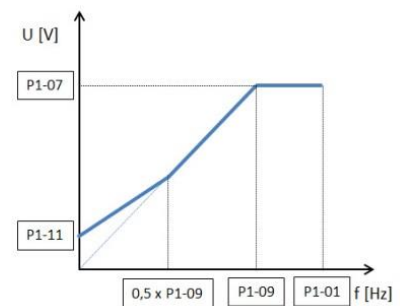


Parameter:

- P1-01 = gewünschte max. Frequenz
- P1-06 = 0 (Energieoptimierung AUS)
- P1-07 = max. Spannung (meist Netzspannung)
- P1-09 = Nennfrequenz des angeschlossenen Motors

9.2 Beispiel 2: Lineare U/f-Kennlinie mit Spannungsanhebung (Drehzahlsteuerung)

Aufgrund des internen Spannungsabfalls im Motor steht bei der rein linearen Kennlinie im unteren Frequenzbereich nur relativ wenig Drehmoment zur Verfügung. Eine Verbesserung des Drehmomentverhaltens kann man dadurch erzielen, indem man im unteren Bereich die Spannung erhöht. Das geschieht bei Drehzahlsteuerung (P4-01 = 2) mit dem Parameter U-Boost (P1-11).



Die Spannung beginnt dann mit dem mit P1-11 eingestellten Wert und ändert sich linear, bis sie beim halben Wert von P1-09 auf die mit P1-07 und P1-09 eingestellte lineare Kennlinie trifft.

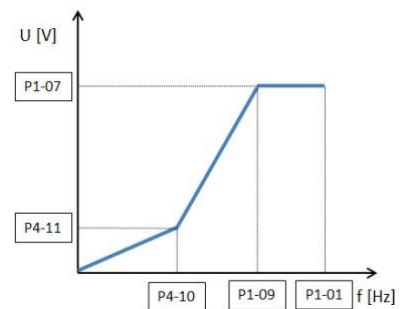
Parameter:

- P4-01 = 2
- P1-01 = gewünschte max. Frequenz
- P1-06 = 0 (Energieoptimierung AUS)
- P1-07 = max. Spannung (meist Netzspannung)
- P1-09 = Nennfrequenz des angeschlossenen Motors
- P1-11 = x % (entsprechend der Drehmomentanforderung. Der Wert ist applikationsabhängig. Zu hohe Werte sind wegen der erhöhten Verluste im Motor zu vermeiden.). Bei Vorwahl „Auto“ wird der Wert über die Motoridentifikation ermittelt (siehe oben).

9.3 Beispiel 3: Kennlinienanpassung (Drehzahlsteuerung)

Bei Anwendungen, bei denen im unteren Frequenzbereich nicht das volle Drehmoment benötigt wird, kann man die U/f-Kennlinie anpassen und reduziert somit den Strom und damit auch die Verluste.

Die U/f-Kennlinie ist von Null aus bis zu einem Knickpunkt linear, zwischen dem Knickpunkt bis zur max. Spannung ebenfalls. P4-11 definiert dabei die Spannung, P4-10 die Frequenz am Knickpunkt.



Beispiel der Einstellung von P4-11 und P4-10 für eine Strömungsmaschine (Pumpe, Lüfter) mit quadratischem Momentenverlauf:

$$P4-11 = P1-07 / 4$$

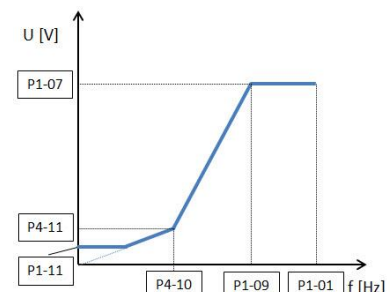
$$P4-10 = P1-09 / 2$$

Parameter:

- P4-01 = 2
- P1-01 = gewünschte max. Frequenz
- P1-06 = 0 (Energieoptimierung AUS)
- P1-07 = max. Spannung (meist Netzspannung)
- P1-09 = Nennfrequenz des angeschlossenen Motors
- P1-11 = 0
- P4-11 = Spannung am Knickpunkt in Prozent von P1-07
- P4-10 = Frequenz am Knickpunkt in Prozent von P1-09

9.4 Beispiel 4: Kennlinienanpassung mit Spannungsanhebung (Drehzahlsteuerung)

Auch bei angepasster Kennlinie besteht die Möglichkeit, durch Vorwahl von U-Boost (P1-11) ein besseres Drehmomentverhalten im unteren Frequenzbereich zu erreichen. Unterhalb der mit P4-10 eingestellten Frequenz bleibt die Spannung auf dem mit P1-11 eingestellten Wert, bis sie auf die mit P4-11 / P4-10 vorgewählte Kennlinie trifft.



ACHTUNG: Die mit P1-11 vorgewählte Spannung (als Prozentsatz von P1-07) darf nicht höher als der mit P4-11 eingestellte Wert sein!

Parameter:

- P4-01 = 2
- P1-01 = gewünschte max. Frequenz
- P1-06 = 0 (Energieoptimierung AUS)
- P1-07 = max. Spannung (meist Netzspannung)
- P1-09 = Nennfrequenz des angeschlossenen Motors
- P1-11 = x % (entsprechend der Drehmomentanforderung. Der Wert ist applikationsabhängig. Zu hohe Werte sind wegen der erhöhten Verluste im Motor zu vermeiden.)
- P4-11 = Spannung am Knickpunkt in Prozent von P1-07
- P4-10 = Frequenz am Knickpunkt in Prozent von P1-09

9.5 Beispiel 5: Energieoptimierung (automatische Kennlinienanpassung)

Bei den vorigen Beispielen ist aufgrund der Kennlinie jeder Frequenz eine bestimmte Spannung zugeordnet. Es gibt aber auch Anwendungen, in denen unterschiedliche Lastverhältnisse, auch bei gleichen Frequenzen / Drehzahlen auftreten. Bei einer festen Kennlinie muss man hier die höchste Last berücksichtigen, hat also nicht die Möglichkeit, Verluste zu reduzieren.

Ist die Energieoptimierung aktiviert (P1-06 = 1) erkennt der Frequenzumrichter automatisch eine Teillast und senkt die Spannung entsprechend ab. Wird der Motor dann belastet, wird die Spannung automatisch erhöht. Um Schwingungen im System zu vermeiden, erfolgt die Spannungsänderung nicht schlagartig, sondern über eine bestimmte Zeit. Daher ist diese Funktion nicht für Anwendungen mit zyklischen Lastwechseln geeignet. Sie ist nur aktiv bei Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung mit Drehmomentbegrenzung (P4-01 = 0 oder 2) aktiv.

Parameter:

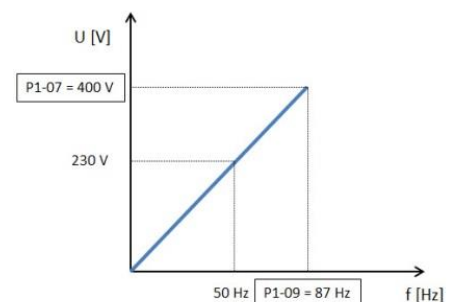
- P4-01 = 0 oder 2
- P1-01 = gewünschte max. Frequenz
- P1-06 = 1 (Energieoptimierung EIN)
- P1-07 = max. Spannung (meist Netzspannung)
- P1-09 = Nennfrequenz des angeschlossenen Motors
- P1-11 = 0 %
- P4-11 = 0 %
- P4-10 = 0 %
- P7-14 = 0 %
- P7-15 = 0 %

9.6 Beispiel 6: 87 Hz – Kennlinie

In den meisten Fällen werden Standard-Asynchronmotoren bis zu Ihrer Nenndrehzahl betrieben. Die maximale Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters ist dann 50 Hz. Man kann die Leistung des Motors um $\sqrt{3}$ erhöhen, indem man bei konstantem Fluss die Frequenz von 50 Hz auf 87 Hz ($50 \text{ Hz} \cdot \sqrt{3}$) erhöht.

Voraussetzungen am 400 V-Netz

- Der Motor ist gewickelt für 230 / 400 V (nicht 400 / 690 V)
- Die Wicklungen werden im Dreieck geschaltet.
- Der Frequenzumrichter hat eine Ausgangsspannung von 400 V und eine max. Frequenz von 87 Hz. Das ergibt bei 50 Hz eine Spannung von 230 V
- Der Frequenzumrichter wird für den Strom ausgelegt, den der Motor bei 230 V hat.



Parameter

- P1-07 = 400 V
- P1-09 = 87 Hz (bei einer Typenschildangabe auf dem Motor von 50 Hz)

ACHTUNG: Beim Betrieb eines 50 Hz-Motors mit 87 Hz können eventuell vorhandene Unwuchten im Läufer zu mechanischen Problemen führen. Daher wird empfohlen, vor einem solchen Betrieb mit dem Motorhersteller Rücksprache zu halten.

Beispiel für Auswahl:

Motordaten

- 230 / 400 V
- 3,2 / 1,9 A
- 0,75 kW
- 1410 min⁻¹
- 50 Hz

Geräteauswahl

- Gerät bemessen für 400 V, aber für den Strom, den der Motor bei 230 V hat (hier: 3,2 A) → DA1-344D1FB-A20C.
- Die Leistung des Motors ist dann 0,75 kW · √3 = 1,3 kW (gleiches Drehmoment bei √3-facher Drehzahl).
- Die synchrone Drehzahl des Motors beträgt 1500 min⁻¹ · √3 = 2598 min⁻¹
- Die zu erwartende Drehzahl bei Nennlast ist 2598 min⁻¹ – 90 min⁻¹ = 2508 min⁻¹
Bemerkung: 90 min⁻¹ entspricht der Schlupfdrehzahl (1500 min⁻¹ – 1410 min⁻¹).